

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA

**Características físicas y químicas de los
rizomas de la *Curcuma longa* variedad Perú**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico

AUTOR

Rosa Virginia AGUIRRE MEDRANO

Lima - Perú

1986

A mis padres, quienes supieron
guiarme en el transcurso de mi
vida e hicieron de mí una pro-
fesional.

A tí, con el mayor afecto,
que sabes inculcar en mí
el afán de superación con-
tinua.

AGRADECIMIENTOS

5

Mi agradecimiento muy profundo al Director de la Escuela Académico Profesional de Química, Doctor Segundo Gibaja Oviedo, sin cuyo asesoramiento no hubiera sido posible la realización de esta investigación; por sus invalorable enseñanzas a lo largo de mi carrera profesional.

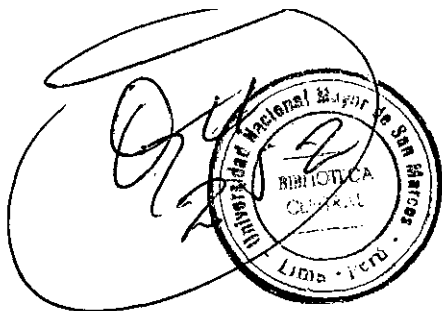
A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron para que este trabajo culmine exitosamente. Al no ser posible mencionarlos a todos, quiero agradecer muy especialmente: Al Dr. Carlos Rodríguez Pichiling, a la Químico Dora Bazán Gutierrez, y a la Químico Inés Delmás Robles.

A mi colega y compañera de estudios, Rosa Byrne Castelli, por su inapreciable apoyo.

GRACIAS A DIOS POR SU PRESENCIA Y GUIA EN CADA PASO
SEGUIDO DURANTE MI VIDA PROFESIONAL.

INDICE

	<u>Página</u>
I.- Introducción	1
II.- Parte experimental	4
II.1 Clasificación botánica	4
II.2 Características de los rizomas de la Cúrcuma longa variedad "Perú"	5
II.2.1 Características físicas	5
II.2.2 Humedad - volátiles	9
II.2.3 Nitrógeno total	10
II.2.4 Contenido de cenizas totales	10
II.2.5 Análisis por espectrofotometría de absorción atómica	11
II.2.6 Extracción de los pigmentos	17
II.2.7 Análisis por espectrofotometría IR ..	20
III.- Discusión de resultados	22
IV.- Conclusiones	24
V.- Apéndice	25
VI.- Bibliografía	26



I. INTRODUCCION

La cúrcuma, conocida con el nombre vulgar de "palillo", se emplea como condimento para dar aroma, y principalmente color y sabor a las comidas preparadas a base de carne y arroz, tales como los adobos, tamales, lechones, secos de cabrito y otras carnes de la comida criolla; en los encurtidos, las salsas, mayonesas y ensaladas.

La cúrcuma o "palillo" es muy apreciada por su propiedad colorante, y tiene una fuerte demanda en el comercio a nivel mundial. Es un producto que se utiliza como condimento en forma directa para colorear los alimentos; o transformado, como un insumo principal en la fabricación de colorantes amarillos alimentarios para colorear mantequilla, margarinas, quesos, etc. También se emplea para la obtención de curcumina y de un aceite aromático para la industria de los perfumes y cosméticos.

El "palillo", es el tallo subterráneo o rizoma de la planta Cúrcuma longa perteneciente a la familia de las Zingiberáceas. Esta especie es indígena del Asia, donde se cultiva extensamente.

El tallo de esta especie es un rizoma muy ramificado, del que salen numerosas raicillas. Esta planta es cultivada en el Perú, habiendo sido introducida del Asia; está distribuida en toda la selva peruana. Las principales zonas de producción de cúrcuma se encuentran en los departamentos de Ayacucho y

Cusco.

Según su origen geográfico, la Cúrcuma longa presenta cuatro variedades que son: la de Madras, Allepey, Haití y Perú.

La variedad "Madras" es la más apreciada en el mercado internacional, principalmente por su color amarillo-naranja. La variedad "Perú" (1), tiene un alto contenido de curcumina sin embargo, por su color marrón-rojizo, no es muy apreciada en el mercado internacional.

Para conocer las características físicas y químicas, y las posibles causas que le dan el color marrón-rojizo al palillo variedad "Perú", se ha realizado este estudio preliminar. Esta investigación forma parte del programa de investigación que sobre Cúrcuma longa y colorantes amarillos, viene realizando el Profesor Segundo Gibaja Oviedo (1).

Las características generales, forma y color, así también como el contenido de curcumina de las variedades Madras, Allepey y Perú, son las siguientes:

Variedad Madras:

Son rizomas alargados, en forma de "dedos enteros" que están pulidos y tienen color amarillo-naranja. Su contenido de curcumina varía de 3.0 a 3.5 %. Es la variedad más apreciada en el mercado internacional. Se produce en la India.

Variedad Allepey:

Son rizomas alargados en forma de "dedos enteros sin pulir", de color marrón-rojizo. Su contenido de curcumina va ría de 5.0 a 6.5 %.

Variedad Haiti:

Son rizomas de color marrón-rojizo a café oscuro. Contiene de 5.8 a 6.0 % de curcumina.

Variedad Perú:

Las características de la Cúrcuma variedad "Perú" son diferentes a las características que presentan las variedades Madras y Allepey, especialmente las referidas a su color, que han dado lugar a su poca aceptación en el mercado europeo.

II. PORTE EXPERIMENTAL

El espectro infrarrojo se determinó en un equipo Perkin - Elmer Modelo Nº 521. Las cromatografías sobre papel se realizaron en papel Whatman Nº 1; y las de capa fina sobre placas preparativas de gel de sílice Merck. Los puntos de fusión fueron tomados por el método del tubo capilar, y están sin corregir. Para la determinación de los metales pesados, se utilizó el equipo de absorción atómica Perkin - Elmer Modelo Nº 460.

II.1. CLASIFICACION BOTANICA

La clasificación botánica de la especie del palillo variedad "Perú", es la siguiente:

División	: Fanerógamas (Antofitas o embriofitas)
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Monocotiledóneas
Familia	: Zingiberáceas
Género	: Cúrcuma
Especie	: Cúrcuma longa (cúrcuma doméstica)
Nombre vulgar:	Palillo

La clasificación botánica fue realizada por el Dr. Oscar Tovar, del Museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

II.2. CARACTERISTICAS DE LOS RIZOMAS DE LA CURCUMA LONGA

VARIEDAD "PERU"

En los rizomas se ha determinado sus características físicas; forma, color; humedad - volátiles, nitrógeno total y cenizas. En las cenizas se ha analizado el contenido de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica. Con los rizomas también se realizó la extracción y aislamiento de los pigmentos. Con la fracción que contiene los pigmentos amarillos se realizó una evaluación de su comportamiento cromatográfico y la determinación de su espectro infrarrojo.

II.2.1 Características físicas: Estas características están relacionadas con su forma y color.

a) Forma

Los rizomas de la Curcuma longa variedad "Perú", tienen tres formas: unos son alargados y enteros, otros son alargados y seccionados longitudinalmente, y un tercer grupo está formado por rizomas de forma ovalada seccionados. La forma de estos rizomas se muestra en las fotos N° 1 y N° 2.

Los rizomas alargados enteros tienen la forma de dedos enteros, de aproximadamente 4.87 cm. de longitud promedio y un radio de 1.66 cm. en promedio.

Los rizomas alargados seccionados longitudinalmente, tienen en promedio, una longitud de 4.5 cm. y

radio de 1.74 cm.

Los rizomas de forma ovalada seccionados , son rizomas que tienen una longitud promedio de 2.18 cm. y un radio promedio de 3.01 cm.

El promedio porcentual de las tres formas de los rizomas se encuentran en la Tabla Nº 1.

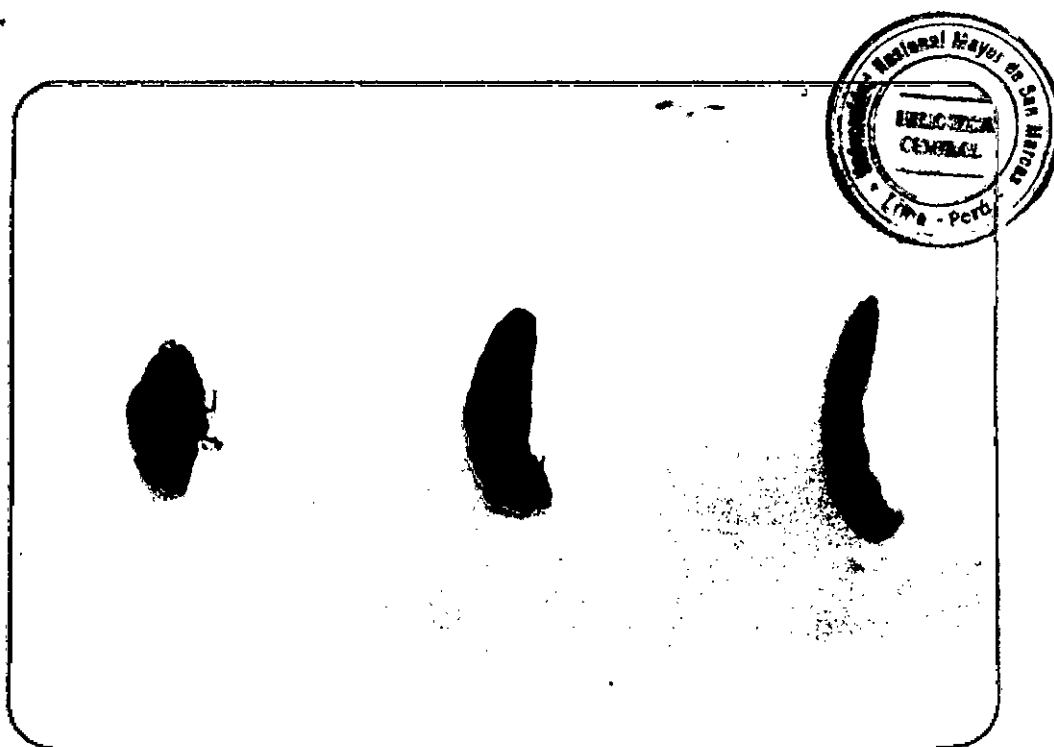


Foto Nº 1

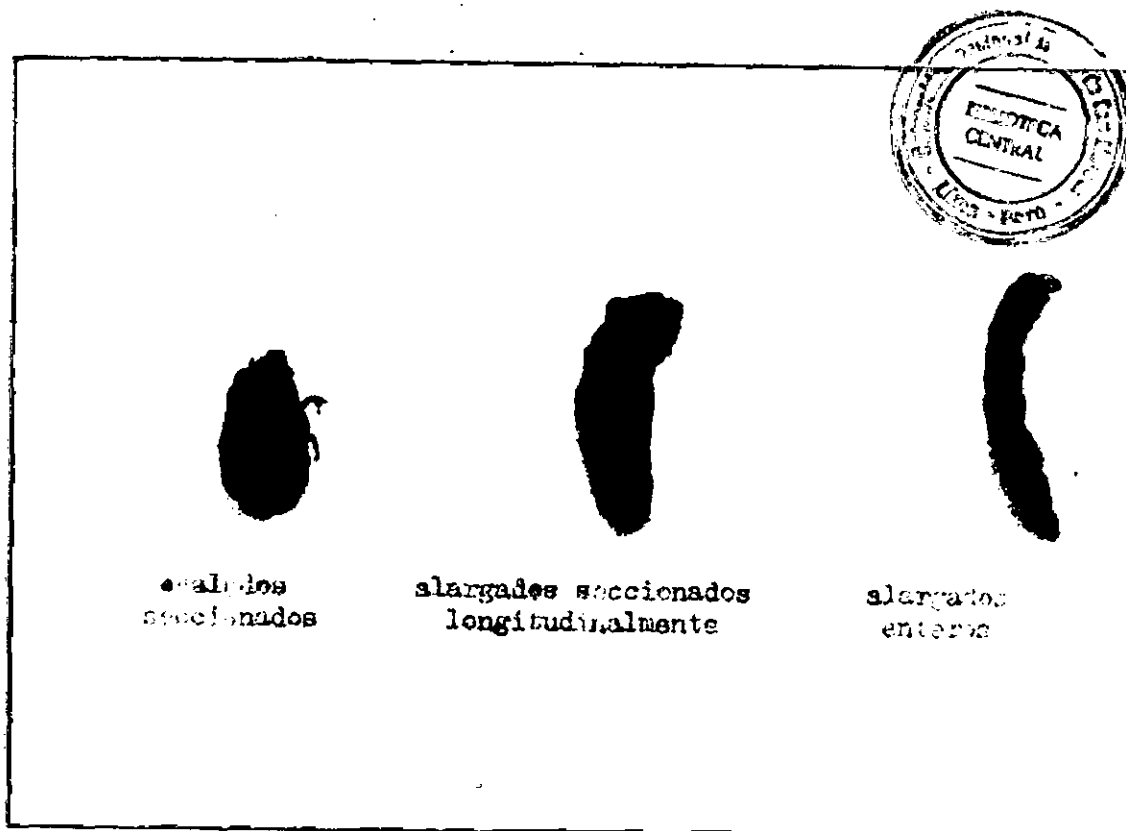


Foto Nº 2

T A B L A Nº 1

FORMA DE LOS RIZOMAS	PORCENTAJE (%)
Alargados enteros	12.40
Alargados seccionados longitudinalmente	63.63
Ovalados seccionados en dos mitades	23.97

radio de 1.74 cm.

Los rizomas de forma ovalada seccionados , son rizomas que tienen una longitud promedio de 2.18 cm. y un radio promedio de 3.01 cm.

El promedio porcentual de las tres formas de los rizomas se encuentran en la Tabla N° 1.

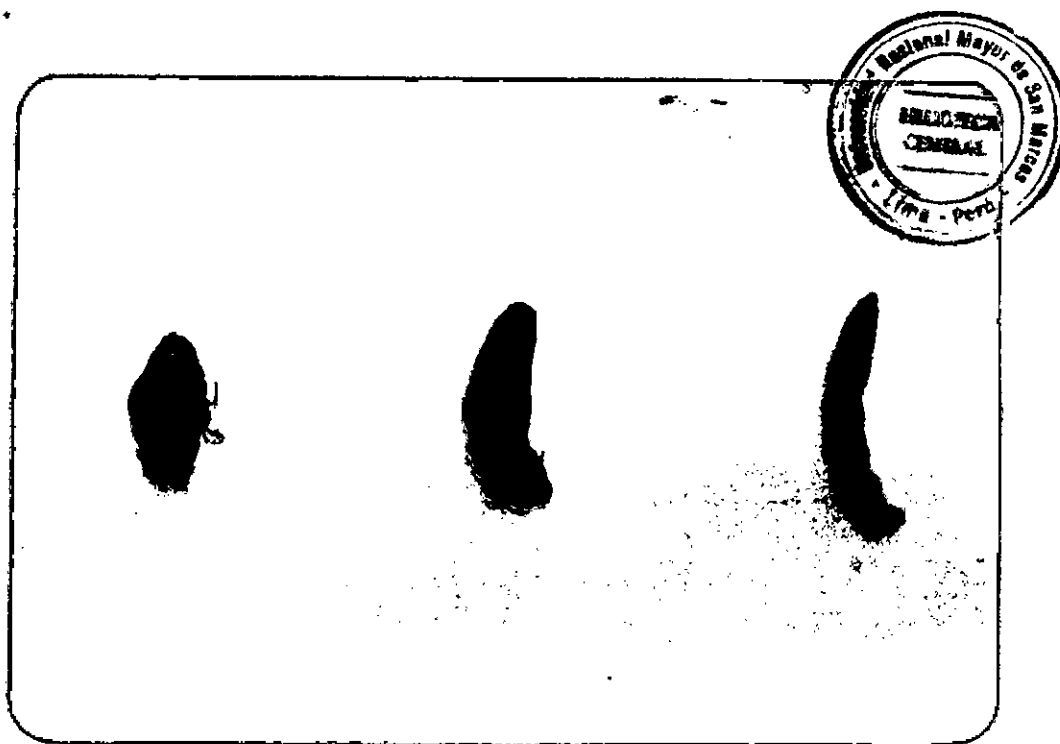


Foto N° 1

T A B L A N° 2

COLOR DE LOS RIZOMAS	PORCENTAJE (%)
Amarillos	65.29
Marrón-rojizo	34.71

T A B L A N° 3

FORMA DE LOS RIZOMAS	AMARILLOS (%)	MARRON-ROJIZO (%)
Alargados enteros	7.44	4.96
Alargados seccionados longitudinalmente	42.97	20.66
Ovalados seccionados en dos mitades	14.88	9.09

II.2.2 Humedad -- volátiles.

Se pesaron 10 gramos de muestra, sometiénolos a 110 °C en una estufa, hasta peso constante; obteniéndose un porcentaje promedio de 9.24 %

II.2.3 Nitrógeno total

Se realizó este análisis por el método de Kjeldhal; se pesó un gramo de muestra, añadiéndosele 0.5 gramos de sulfato de cobre y 10 gramos de sulfato de potasio agregándosele luego 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

Se llevó a digestión en un balón por espacio de 2 horas, luego se agregó 50 ml. de soda al 50 % y se destiló, recibiendo el destilado en un matraz que contiene ácido bórico al 3 %. Se tituló con solución de ácido sulfúrico 0.1 N; obteniéndose un porcentaje de nitrógeno de 1.3 %.

Cálculos:

Volumen gastado de H_2SO_4 = 9.3 ml

$$\frac{9.3 \text{ ml} \times 0.0014 \text{ gr/ml}}{1.0 \text{ gr}} \times 100 = 1.30 \%$$

Los cálculos se hicieron por triplicado, sacándose un promedio del porcentaje.

II.2.4 Contenido de cenizas totales

Se tomaron muestras de 5 gramos cada una, que fueron sometidas a calcinación en una mufla a $1500^{\circ}C$ de temperatura, hasta peso constante, obteniéndose cenizas de color violeta claro. Los porcentajes promedio de cenizas se dan en la Tabla Nº 4.

T A B L A N° 4

MUESTRA	COLOR DE CENIZAS	PORCENTAJE (%)
Marrón-rojizo	violeta	4.47
Amarillo	violeta	4.50

II.2.5 Análisis por espectrofotometría de absorción atómica

Se usó un equipo de absorción atómica Perkin - Elmer Modelo N° 460 de doble haz, con lámpara de deuterio, que incluye un microprocesador con calibración automática de acuerdo a los patrones de referencia. Las lecturas que se obtienen están dadas en partes por millón, éstas se hicieron con un promedio de diez lecturas cada cinco segundos.

a) Porcentaje de hierro:

Longitud de onda: 2480 Å.

Slit: 0.2 mm.

Lámpara de cátodo hueco

Tipo de flama: aire-acetileno

Standard que contiene 5 ppm. con 0.18 unidades de absorvancia.

Lectura de muestra problema: 0.17 ppm.

Cálculos:

$$0.17 \text{ mg/lt} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lt/ml} = \\ = 0.17 \times 10^{-6} \text{ gr/ml}$$

X = gramos de Fe en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.17 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.17 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Fe} = \frac{0.17 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.4242$$

$$\text{Porcentaje de Fe} = 0.42 \%$$

b) Porcentaje de cobre:

Longitud de onda: 3250 A

Slit: 0.7mm

Lámpara de cátodo hueco

Tipo de flama: aire-acetileno

Standard que contiene 5 ppm. con 0.25 unidades de absorvancia.

Lectura de muestra problema: 0.11 ppm.

Cálculos:

$$0.11 \text{ mg/lt} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lt/ml} = \\ = 0.11 \times 10^{-6} \text{ gr/ml}$$

X = gramos de Cu en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.11 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.11 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Cu} = \frac{0.11 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.2745$$

$$\text{Porcentaje de Cu} = 0.27 \%$$

c) Porcentaje de plomo:

Longitud de onda: 2830 Å

Slit: 0.7 mm.

Lámpara de cátodo hueco. Se recomienda el uso de una lámpara con descarga de electrones.

Standard conteniendo 20 ppm. con 0.18 unidades de absorbancia.

Lectura de muestra problema: 0.20 ppm.

Cálculos:

$$\begin{aligned} 0.20 \text{ mg/l} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ l/ml} &= \\ &= 0.20 \times 10^{-6} \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

X = gramos de Pb en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.20 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.20 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Pb} = \frac{0.20 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.4990$$

$$\text{Porcentaje de Pb} = 0.50 \%$$

d) Porcentaje de manganeso:

Longitud de onda: 1790 Å

Slit: 0.2 mm.

Lámpara de cátodo hueco

Standard conteniendo 2 ppm. con 0.16 unidades de absorbancia.

Lectura de muestra problema: 1.32 ppm.

Cálculos:

$$1.32 \text{ mg/lit} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lit/ml} = \\ = 1.32 \times 10^{-6} \text{ gr/ml}$$

X = gramos de Mn en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 1.32 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.32 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Mn} = \frac{1.32 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 3.2938$$

$$\text{Porcentaje de Mn} = 3.29 \%$$

e) Porcentaje de cinc:

Longitud de onda: 2140 Å

Slit: 0.7 mm.

Lámpara de cátodo hueco. Se recomienda el uso de la lámpara de descarga de electrones.

Standard que contiene 0.5 ppm. con una lectura de ab -

sorvancia de 0.12 unidades.

Lectura de muestra problema: 0.10 ppm.

Cálculos:

$$0.10 \text{ mg/lt} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lt/ml} = \\ = 0.10 \times 10^{-6} \text{ gr/ml}$$

X = gramos de Zn en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.10 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.10 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Zn} = \frac{0.10 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.2495$$

$$\text{Porcentaje de Zn} = 0.25 \%$$

Muestras solubles en carbonato de sodio:

a) Porcentaje de cobre:

Lectura de muestra problema: 0.16 ppm.

Cálculos:

$$0.16 \text{ mg/lt} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lt/ml} = \\ = 0.16 \times 10^{-6} \text{ gr/ml}$$

X = gramos de Cu en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.16 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.16 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Cu} = \frac{0.16 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.3993$$

Porcentaje de Cu = 0.40 %

b) Porcentaje de cinc:

Lectura de muestra problema: 0.03 ppm.

Cálculos:

$$\begin{aligned} 0.03 \text{ mg/lit} \times \frac{1}{1000} \text{ gr/mg} \times \frac{1}{1000} \text{ lit/ml} &= \\ &= 0.03 \times 10^{-6} \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

X = gramos de cinc en la ceniza

$$\frac{X}{100 \times 100} = 0.03 \times 10^{-6}$$

$$X = 0.03 \times 10^{-2} \text{ gramos}$$

$$\% \text{ Zn} = \frac{0.03 \times 10^{-2} \text{ gr}}{0.4007 \text{ gr}} \times 100 = 0.0749$$

Porcentaje de Zn = 0.07 %

Los standards empleados para la calibración y determinación de estos metales fueron de las Alpha Analytical Laboratories - Jersey, New Jersey. Los porcentajes totales de hierro, cobre, plomo, manganeso y cinc encontrados, se muestran en la Tabla Nº 5.

T A B L A N° 5
CONTENIDO DE ELEMENTOS PESADOS

METAL	PORCENTAJE (%)
Hierro	0.42
Cobre	0.67
Plomo	0.50
Manganeso	3.29
Cinc	0.32

II.2.6. Extracción de los pigmentos

800 gramos de los rizomas de cúrcuma molida se sometieron a extracción con éter de petróleo en un soxhlet en caliente. El extracto etéreo se sometió a destilación para eliminar éter de petróleo, dando un residuo aceitoso de color anaranjado, con un 4.5 % de rendimiento.

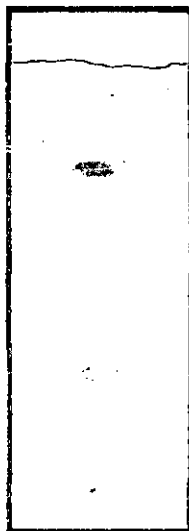
El residuo remanente que quedó después de la extracción anterior, fue extraído con acetona en caliente. El extracto acetónico se sometió a destilación, dando un residuo castaño oscuro gomoso. El residuo gomoso fue sometido a extracción con metanol, quedando unos pequeños cristales amarillo - naranja. Se siguió haciendo lavados sucesivos con metanol y decantando. Como residuo se obtu

vo una masa cristalina de pequeños cristales de color a --
marillo - naranja.

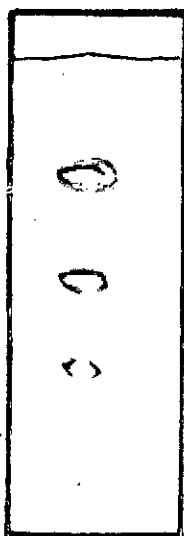
Seis gramos de los curcuminoides fueron sometidos a una extracción en caliente con metanol durante 72 horas. La solución alcohólica obtenida fue transferida a un vaso por decantación.

Se observó en el vaso la formación de cristales de color naranja en las paredes, y en el fondo una masa gomosa con incrustaciones de algunos cristales amarillos.

Después de cuatro días de la segunda extracción se observó en el balón la formación de cristales de color naranja con brillo metálico. Los puntos de fusión de estos cristales fueron de: $158 - 160^{\circ}\text{C}$; $179 - 180^{\circ}\text{C}$ y $183 - 185^{\circ}\text{C}$. El análisis cromatográfico de estos cristales (cristales # 1) se realizó usando como eluyente, la mezcla cloroformo-etanol (8:2), en placas de gel de sílice,; el cual presentó tres manchas:

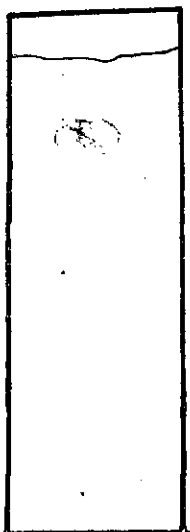


La solución alcohólica que se obtiene en una segunda extracción con metanol en caliente, dejada en reposo durante tres días, formó unos cristales de color naranja brillante. Estos cristales (cristales # 2), en el análisis cromatográfico en capa fina analítica presentó tres manchas y dos puntos de fusión: 180°C y $183 - 185^{\circ}\text{C}$.



2

En una tercera extracción con metanol en caliente durante cuatro días, se observó en el balón la formación de unos cristales anaranjados con brillo metálico azulino. El análisis cromatográfico de estos cristales, (cristales # 3), en capa fina, presenta dos manchas; la mancha de mayor concentración corresponde a la curcumina, con un punto de fusión de: $180 - 184^{\circ}\text{C}$.



3

II.2.7. Análisis por espectrofotometría infrarroja

Los espectros infrarrojo de los cristales # 1, #2 y # 3 presentan las siguientes bandas características: Una banda ancha y fuerte de 3500 a 3300 cm^{-1} , correspondiente a un grupo-OH asociado.

En la región del doble enlace, muestra las siguientes absorciones:

a 1625 cm^{-1} correspondiente al $\text{C}=\text{O}$ quelado.

a 1580 cm^{-1} y 1480 cm^{-1} , correspondiente al doble enlace



a 950 cm^{-1} , un doble enlace $\text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H}$ trans

Los espectros de los cristales 1, 2 y 3 presentan en general las mismas bandas de absorción. Estos espectros fueron tomados por el método de la pastilla de

bromuro de potasio; no son muy definitivos en la región de la huella digital para poder diferenciar los isómeros de la curcumina, debido a que la proporción de curcumina se encuentra en mayor proporción con respecto a los otros isómeros.

Los cristales con los cuales se han determinado los espectros infrarrojo se muestran en la Foto Nº 4.

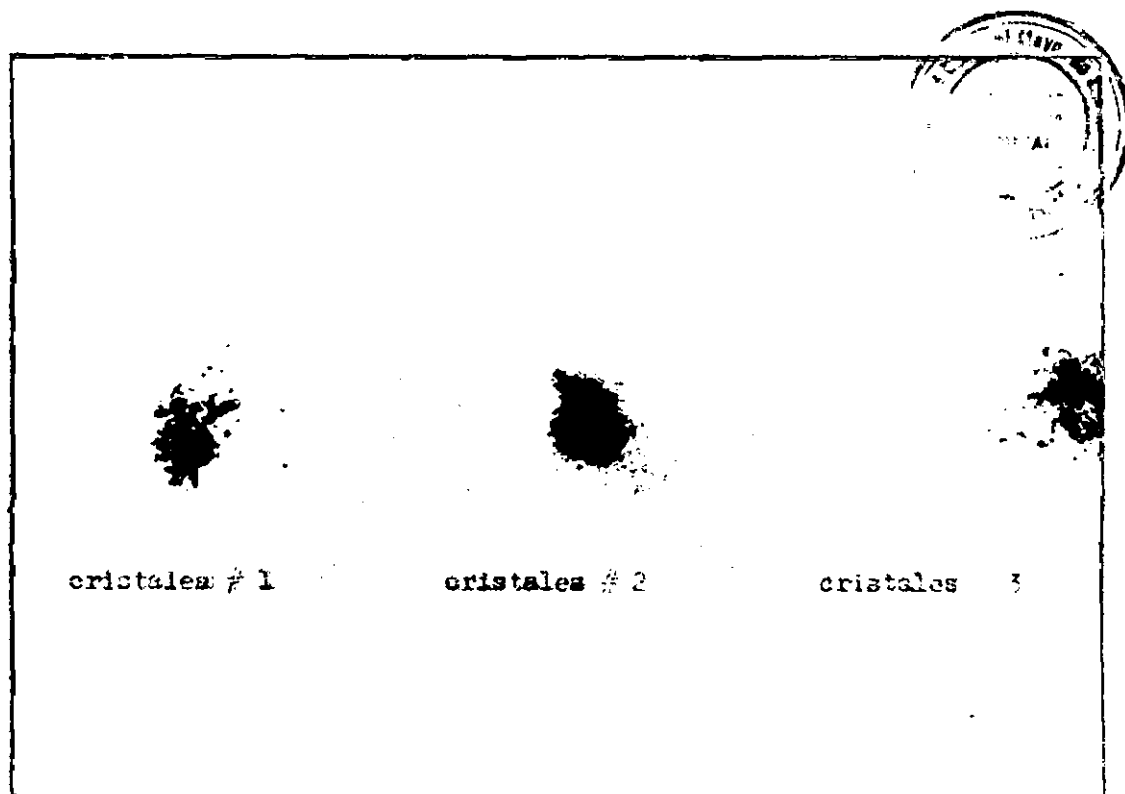
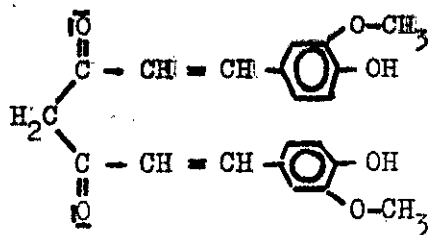


Foto Nº 4

III. DISCUSION DE RESULTADOS

El espectro infrarrojo del pigmento aislado, muestra una banda ancha y fuerte a 3300 cm^{-1} , que corresponde al grupo -OH asociado de la curcumina y los curcuminoides. La banda a 1625 cm^{-1} pertenece al grupo C=O quelado con el -OH enólico, que también es característico de la curcumina y los derivados curcuminoides; y lo mismo sucede con las bandas a 1580 cm^{-1} y 1480 cm^{-1} . Este conjunto de bandas corresponde a los grupos funcionales que son comunes a la curcumina, dimetoxi-curcumina y bis dimetoxi-curcumina. En consecuencia, estos espectros corresponden a la mezcla de estos tres compuestos.

La curcumina cristaliza en forma de cristales amarillo - anaranjado con brillo metálico azulino, tiene un punto de fusión de 183°C , y su fórmula es:



Por los ensayos realizados con los cristales, el punto de fusión y la cromatografía en capa fina, se llegó a demostrar que los cristales # 3 están compuestos de curcumina en mayor

proporción con respecto a sus isómeros, la dimetoxi-curcumina y la bis dimetoxi-curcumina.

En los análisis químico-cualitativo de las cenizas, se ha encontrado que el manganeso es el elemento en mayor concentración, lo que se comprobó en el análisis espectrofotométrico de absorción atómica. De estos resultados, se deduce que el color marrón - rojizo que presentan los rizomas de la cúrcuma se debe al alto contenido de manganeso.

IV. CONCLUSIONES

- 1.- La curcumina y sus derivados, la dimetoxi-curcumina y bis dimetoxicurcumina, denominados compuestos curcuminoides se encuentran en cantidades variables en la Cúrcuma longa, y son los que le confieren el color amarillo - naranja.
- 2.- Los pigmentos de los rizomas de la Cúrcuma longa están compuestos principalmente de curcumina, acompañados de dimetoxi-curcumina y bis dimetoxi-curcumina.
- 3.- El color marrón - rojizo que presentan los rizomas de la Cúrcuma longa puede ser atribuido a su alto contenido de manganeso.

V. APENDICE

Espectro Nº 1 : Espectro infrarrojo de los cristales # 1.

Espectro Nº 2 : Espectro infrarrojo de los cristales # 2.

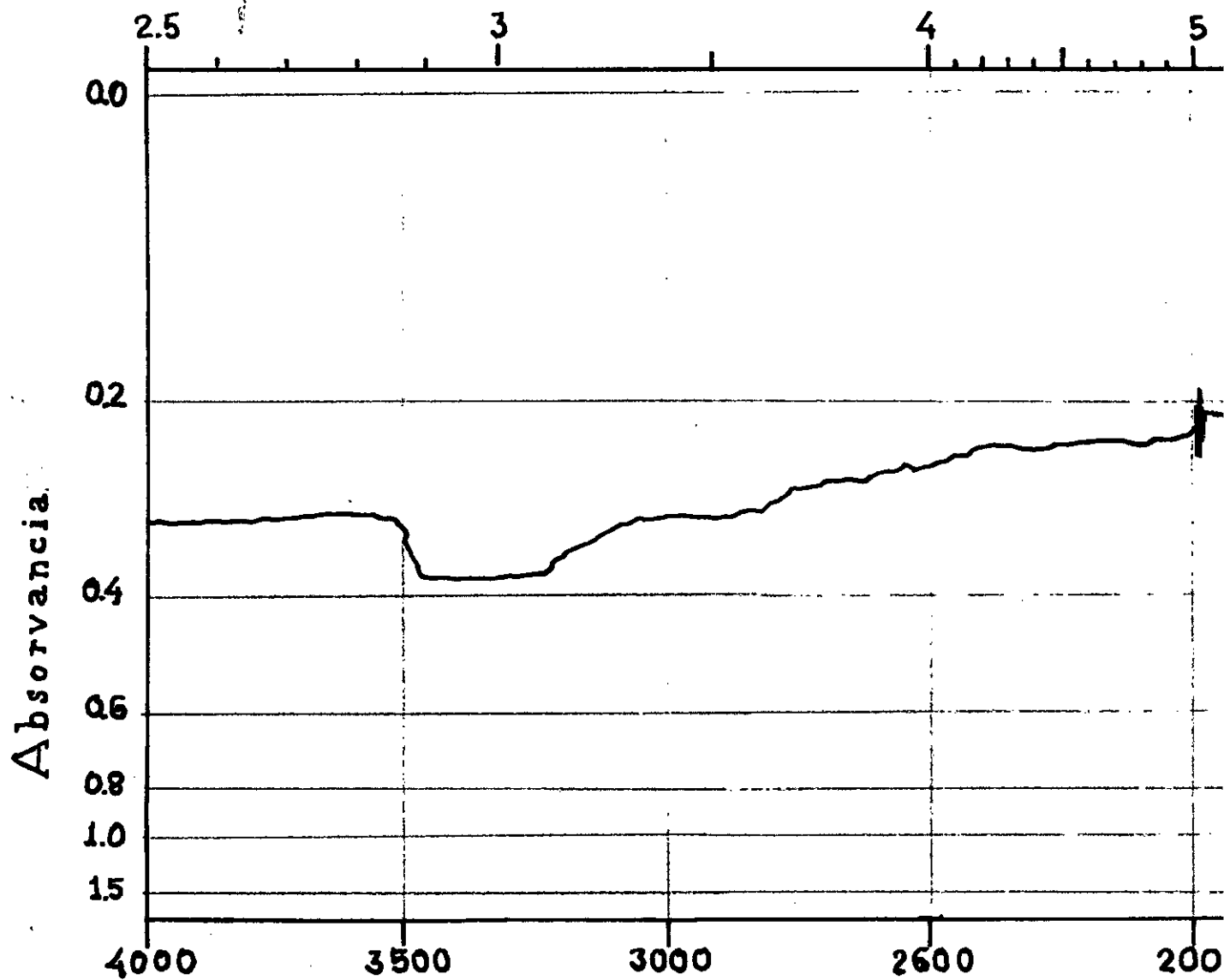
Espectro Nº 3 : Espectro infrarrojo de los cristales # 3.

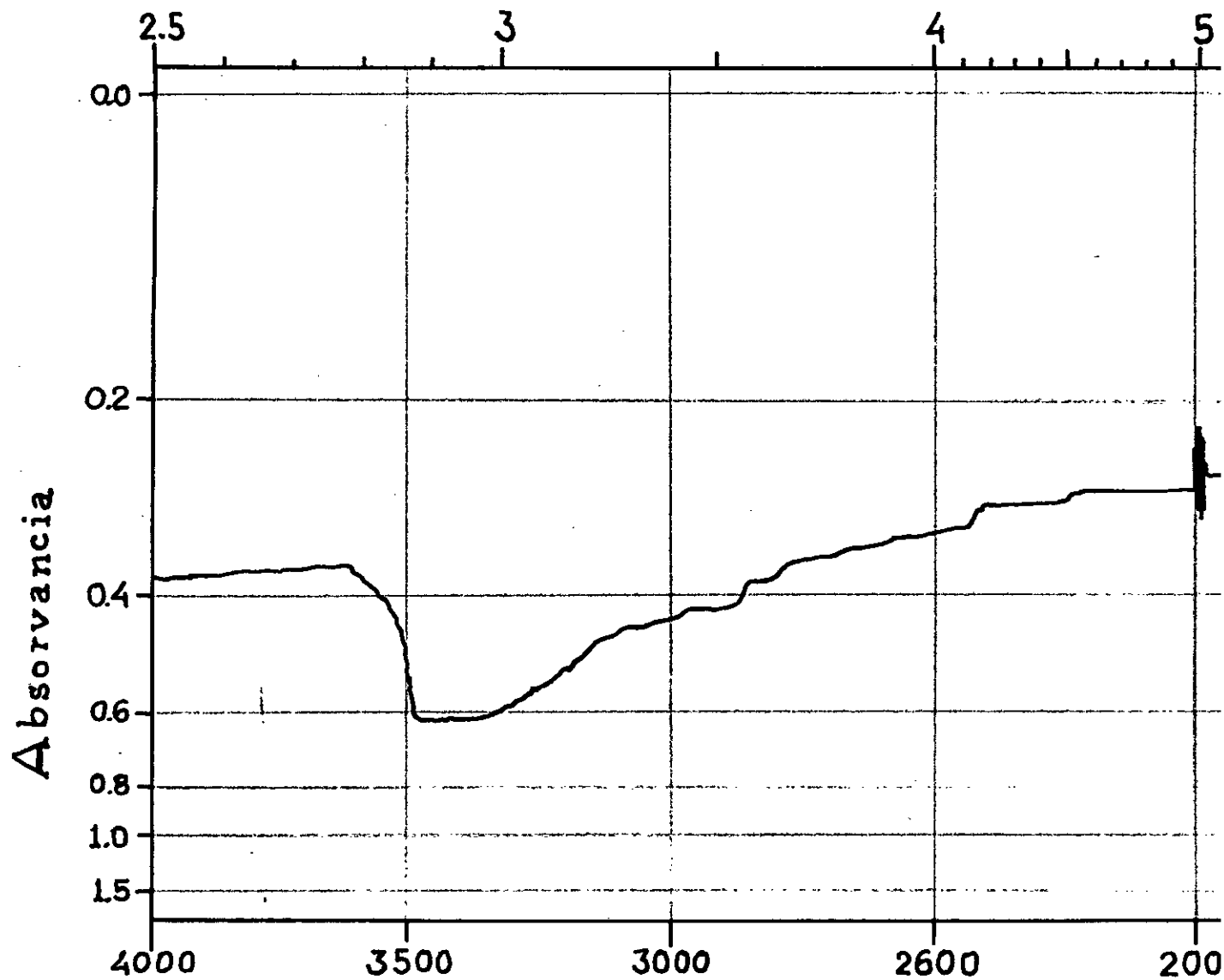
VI. BIBLIOGRAFIA

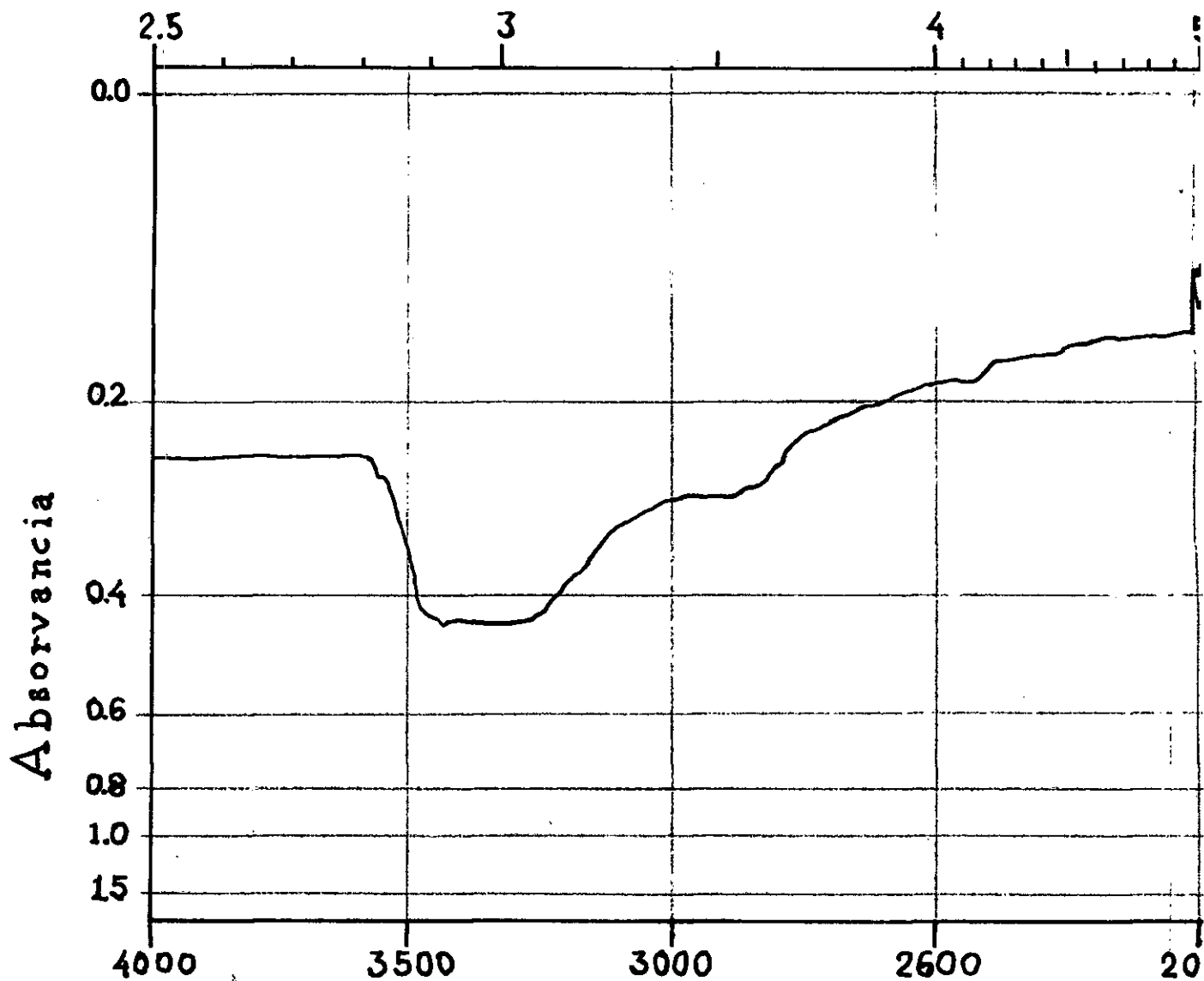
- 1.- GIRAJA OVIEDO, S. Trabajos sin publicar
- 2.- ASAKAWA, NAOKI; TSUNO, MASANORI; MATTORI, TEIICHI; UHEYAMA, MASAADI; SHINODA, AISHIN; MIYARE, YASUI; KACEIKENGO (Res. Lab. Pharm. Dev., Eisai Co., Ltd., Gifu, Japan). Yakugaru Zasshi 1981, 101 (4), 374 - 7 (Japan) Chemical Abstracts 95: 12847f.
- 3.- RAJARAMAN, K.; NARAYANAN, C.S.; SUMATHY KUTTY, M.A.; SANKARI KUTTY, B.; MATHEW, A.G. (Div. Food., Reg Res. Lab., Trivan - drum, 695 019 India) J. Food Sci. Technol. 1981, 18 (3), 101 - 3 (Eng.) Chemical Abstracts 95: 95694c.
- 4.- CORRADI, CESARE; MICHELI, GIUSSE (Lab. Chim. Prov. Milano, Milan, Italy) Ind. Aliment (Pinerolo, Italy) 1981, 20 (3), 201 - 5 (Ital). Chemical Abstracts 95: 131021s.
- 5.- PUNYARAJUN, SASRI (Fac. Pharm., Chiang Mai Univ., Thailand). Varasam Paesachasarthara 1981, 8 (2), 29 - 31 (Eng). Chemical Abstracts 96: 179626r.
- 6.- MATHAI, C.K. Qualitas Plantarum (1976) 25, 227 - 230 (En, 4 ret.) Cent. Plantation Crops Res. Inst., Reg. Sta., Vittal, India. Plant Breeding Abstracts Vol. 47, 1977. 3573.
- 7.- HART, F.L. - FISCHER, H.J. Análisis Moderno de los Alimen - tos. Ed. Acribia (España). Zaragoza (España).

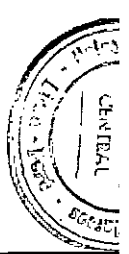


- 8.- THORPE, EDWARD Sir, C.B., LL.D., FRS. Enciclopedia de Química Industrial. Tomos II - VI. Ed. Labor, Sociedad Anónima 88, Barcelona, Madrid.

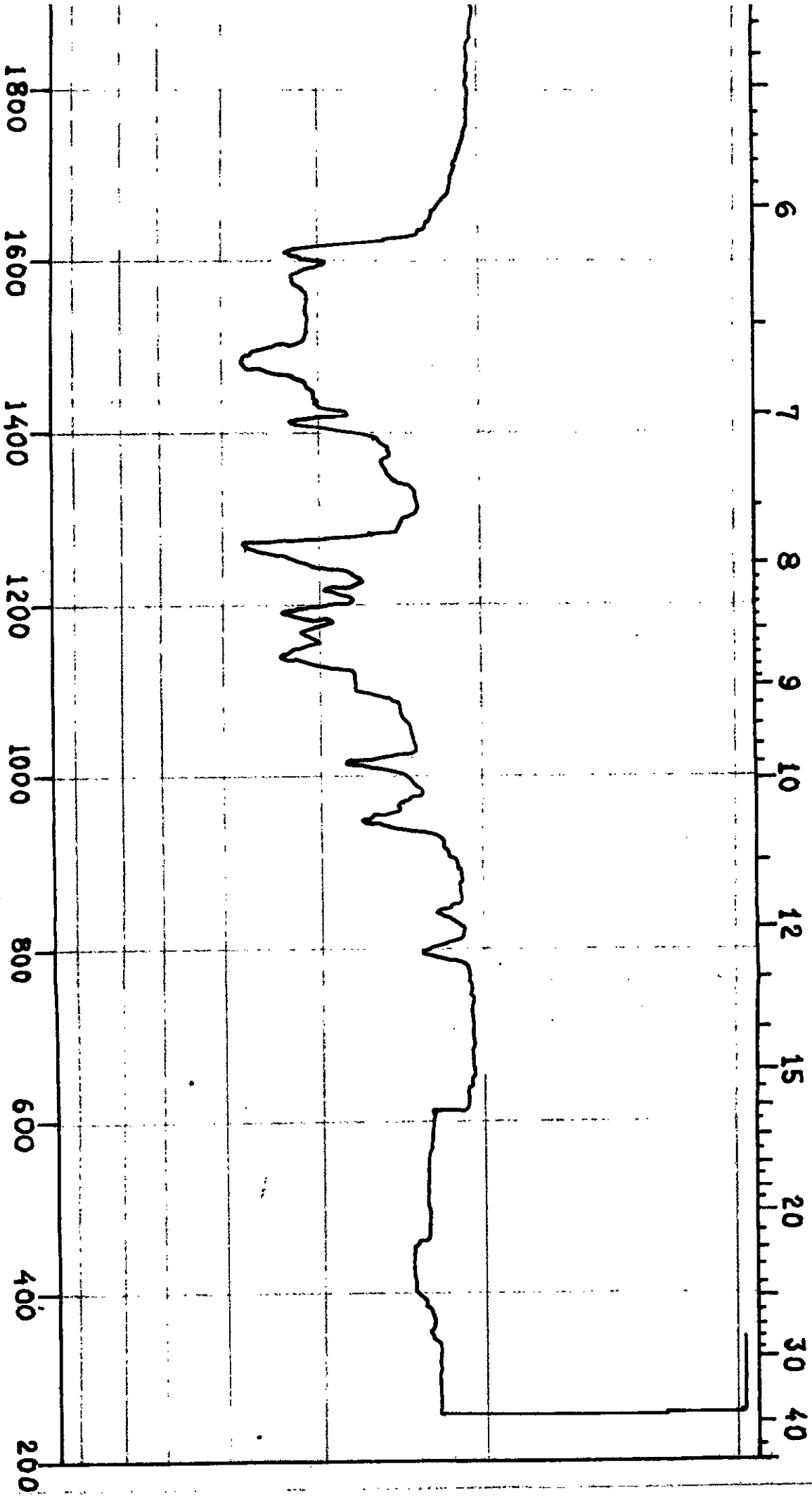






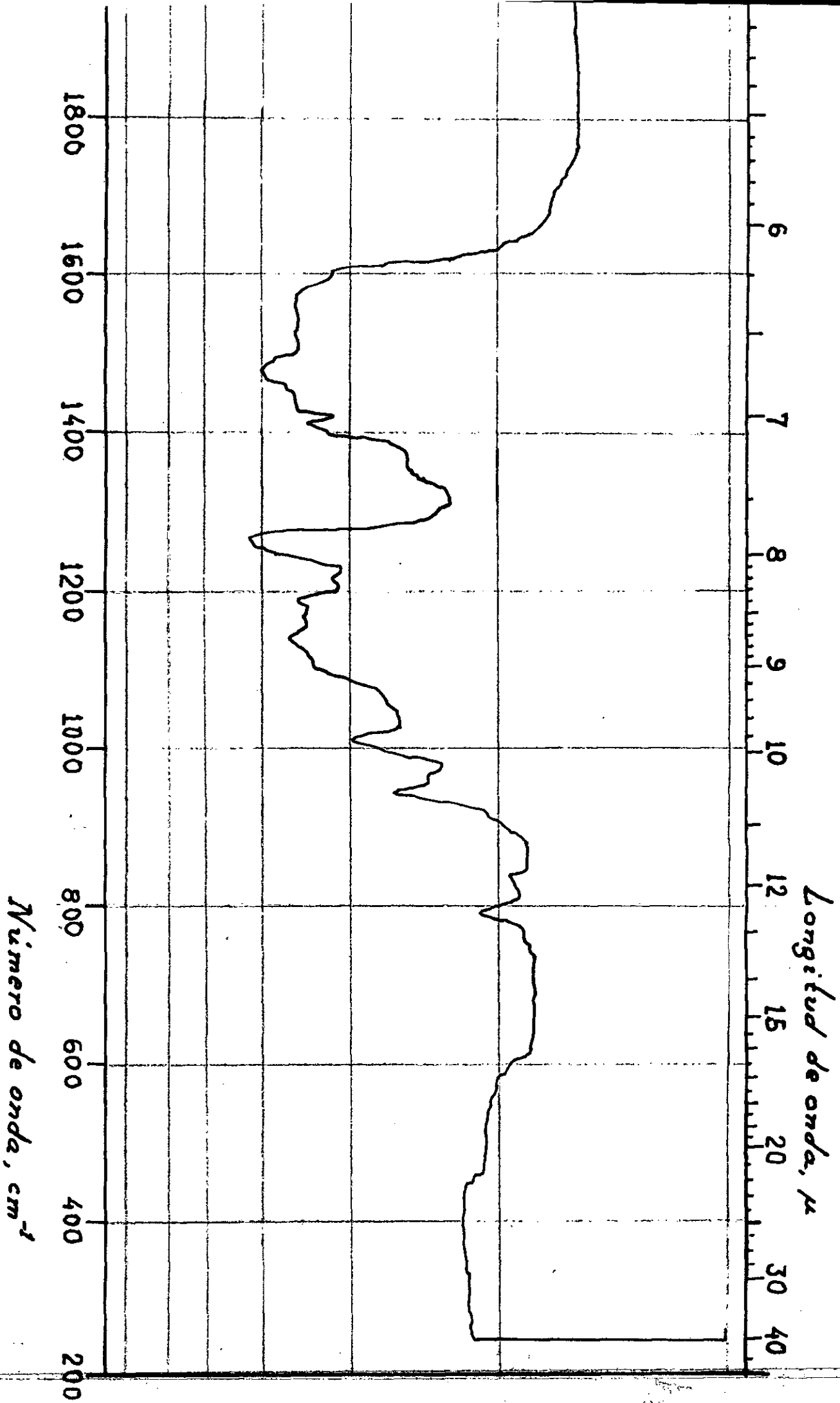


Longitud de onda, μ

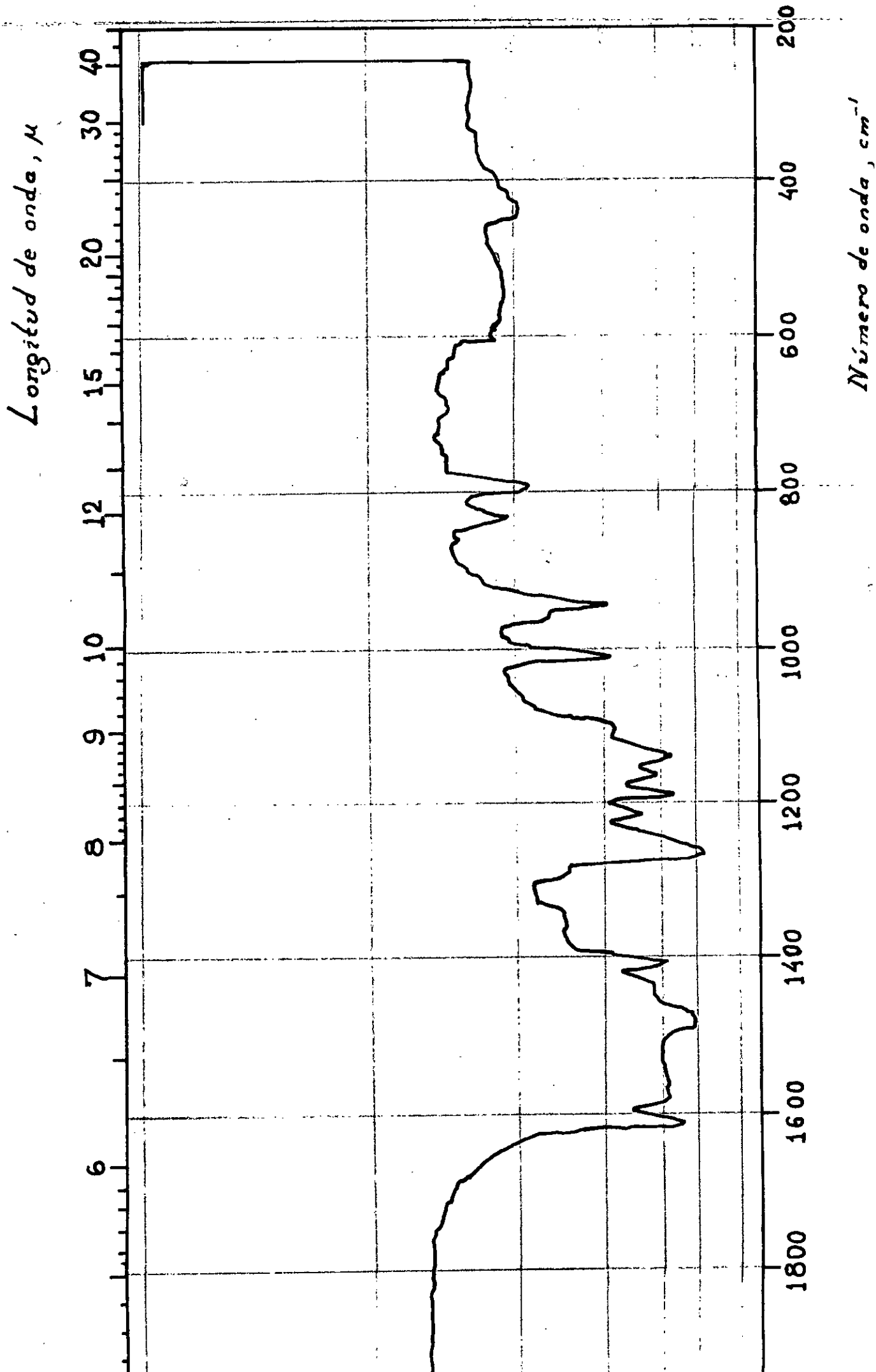


Número de onda cm^{-1}

ESPECTRO INFRAROJO
INSTRUMENTO : Espectrofotómetro IR Perkin Elmer Mod. 521
MUESTRA : Cristales # 1
FASE : Sólida
TIEMPO : 4 minutos
OBSERVACION : Se empleó la técnica de la pastilla de KBr



ESPECTRO INFRARROJO
INSTRUMENTO : Espectrofotómetro IR Perkin Elmer Mod. 521
MUESTRA : Cristales # 3
FASE : Sólida
TIEMPO : 4 minutos
OBSERVACION : Se empleó la técnica de la pastilla de KBr



ESPECTRO INFRARROJO
INSTRUMENTO : Espectrofotómetro IR Perkin Elmer Mod.521
MUESTRA : Cristales # 2
FASE : Sólida
TIEMPO : 4 minutos
OBSERVACION : Se empleó la técnica de la pastilla de KBr